Interférence sur le miroir de Fresnel avec un laser He-Ne

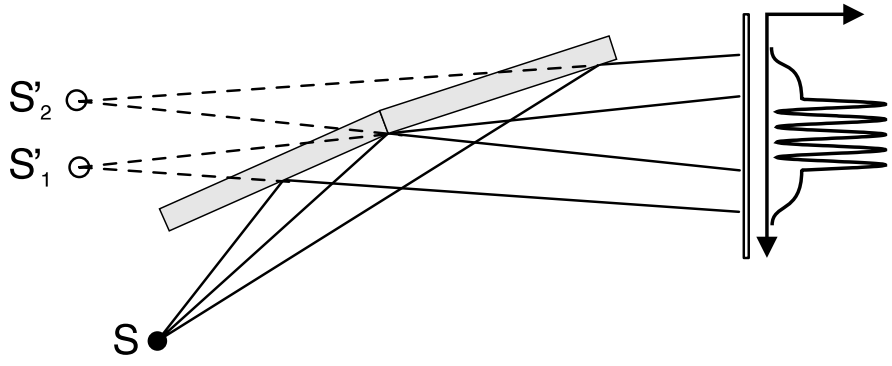
Objectifs expérimentaux

- Génération de deux sources lumineuses virtuelles, cohérentes par réflexion d'une source lumineuse ponctuelle sur un miroir de Fresnel
- Observation de l'interférence des deux sources lumineuses virtuelles
- Mesure de la distance *d* entre les franges d'interférences
- Génération des images projetées des sources lumineuses virtuelles
- Mesure de l'écartement *A* des images projetées
- Détermination de la longueur d'onde λ de la lumière du laser He-Ne à partir de la distance *d* entre les franges d'interférences, de l'écartement *A* des images projetées des sources lumineuses virtuelles et des dimensions géométriques du montage

Principes de base

Le miroir de Fresnel se compose de deux miroirs plans légèrement inclinés l'un contre l'autre. Une source lumineuse S ponctuelle qui s'y réfléchit se manifeste par la réflexion sous forme de deux sources lumineuses S_1 et S_2 virtuelles, très proches l'une de l'autre qui interfèrent entre elles du fait de leur cohérence. Le problème qui consiste à dire que du fait de leur incohérence, deux sources lumineuses séparées ne donnent pas lieu à une interférence est ainsi contourné. Par réflexion, il est généré deux sources lumineuses virtuelles, cohérentes à partir d'une seule et unique source lumineuse. La lumière réfléchie par le miroir de Fresnel est traversée par un système de franges d'interférences parallèles.

Dans l'expérience, la source lumineuse S est identique au foyer d'une lentille qui sert à l'élargissement d'un rayon laser. Pour déterminer la longueur d'onde λ de la lumière utilisée du laser He-Ne, on commence par mesurer la distance *d* entre deux maxima d'intensité. Pour finir, les deux sources lumineuses virtuelles S_1' et S_2' sont projetées par une deuxième lentille sur l'écran d'observation et on mesure alors la distance *A* entre les images projetées. Comme en supplément, les dimensions géométriques du montage sont connues, on peut alors déterminer la distance *a* entre les sources lumineuses virtuelles.



Matériel

1 laser He-Ne, à polarisation rectiligne	471 840
ou	
1 laser He-Ne, 0,2/1 mW	471 83
1 miroir de Fresnel, ajustable	471 05
1 lentille, f = 5 mm	460 01
1 lentille, f = 200 mm	460 04
1 banc d'optique à profil normalisé, 1 m	460 32
3 cavaliers pour banc d'optique, 60 mm de haut/ 36 mm de large	460 353
1 cavalier pour banc d'optique, 60 mm de haut/50 mm de large	460 351
1 écran translucide	441 53
1 socle	30 11
1 pied à coulisse	311 52
1 mètre-ruban, 2 m	311 77

Pour une grande distance L entre la source lumineuse et l'écran d'observation, on calcule comme suit la longueur d'onde λ de la lumière utilisée à partir des grandeurs a et d: on considère deux ondes cohérentes qui partent de S_1' et S_2' dans la direction ϑ et se rejoignent finalement à une distance L (voir fig. 1 en haut). ϑ est la direction du n^{ème} maximum d'intensité si on a

$\Delta s = n \cdot \lambda$

pour la différence de marche

$\Delta s = a \cdot \sin \vartheta$

des deux ondes.

Pour la distance D_n entre le 0ème et le n^{ème} maximum, on a le rapport géométrique

$$\tan \vartheta = \frac{D_n}{L}$$

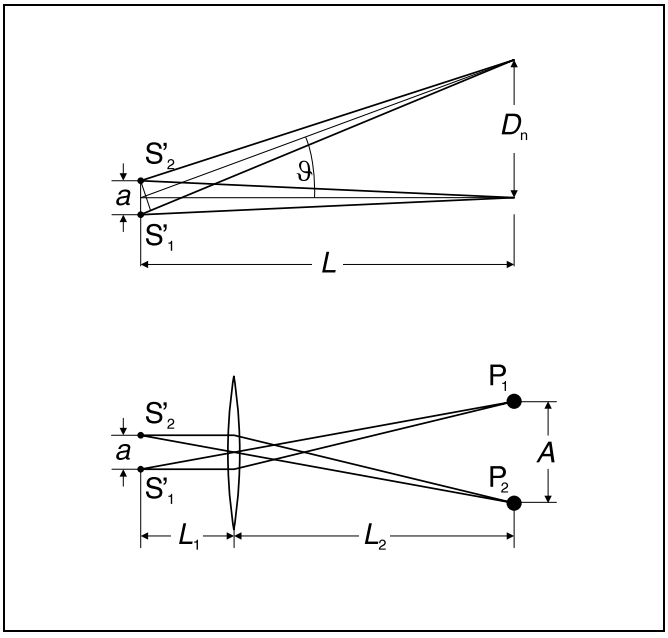
Pour de grandes distances L, $\sin \vartheta \approx \tan \vartheta$ et on obtient

$$\lambda = a \cdot \frac{D_n}{n \cdot L} = a \cdot \frac{d}{L} \qquad \text{(I)}$$

La distance a entre les sources lumineuses virtuelles est définie à partir de leur écartement A sur l'image projetée. A partir de la géométrie du dispositif (voir fig. 1 en bas), on a le rapport:

$$a = A \cdot \frac{L_1}{L_2} \qquad \text{(II)}$$

Fig. 1: en haut: Marche des rayons sans lentille à distance focale de 200 mm pour l'interférence à deux faisceaux
en bas: Marche des rayons pour la projection sur l'écran d'observation des sources lumineuses virtuelles avec une lentille à distance focale de 200 mm



Remarque de sécurité

Le laser He-Ne répond aux exigences techniques à satisfaire en matière de sécurité pour le matériel didactique et pédagogique «Laser: DIN 58126, 6ème partie» pour les lasers de la classe 2. Si les remarques correspondantes stipulées dans le mode d'emploi sont observées, l'expérimentation avec le laser He-Ne ne présente aucun danger.

- Ne pas fixer le regard sur le faisceau direct ou réfléchi!
- Eviter de dépasser la limite d'éblouissement (c.-à-d. qu'aucun observateur ne doit avoir l'impression d'être ébloui)!

Montage

Remarque:

Par diffraction de la lumière laser sur le bord extérieur du miroir de Fresnel, il risque de se former des figures de diffraction indésirées sur l'écran d'observation qui peuvent être facilement confondues avec la figure d'interférence voulue. On les reconnaît entre autres au fait que leur position ne dépend pas de l'inclinaison des miroirs l'un par rapport à l'autre.

*Avant chaque mesure, modifier l'inclinaison des miroirs entre eux à l'aide de la vis moletée **(3)** et vérifier s'il y a aussi une variation des écartements des franges d'interférences.*

Le montage expérimental est représenté à la fig. 2, la position du bord gauche des cavaliers pour banc d'optique est donnée ici en cm.

- Fixer les cavaliers sur le banc d'optique aux endroits indiqués et placer l'écran translucide sur socle à au moins 2 m, dans l'axe optique.
- Ajuster le laser et la lentille à distance focale de 5 mm **(1)** sur les cavaliers pour banc d'optique de façon à ce que le centre du rayon laser élargi évolue parallèlement au banc d'optique; si besoin est, suivre la marche des rayons avec un morceau de papier.
- Intégrer la lentille à distance focale de 200 mm **(2)** de telle sorte que l'écran translucide soit éclairé.
- Pour le montage du miroir de Fresnel, veiller à ce que le rayon laser élargi incide sur les bords de séparation des deux demi-miroirs; n'incliner le miroir que très légèrement pour que le rayon laser se contente d'effleurer le miroir et que la lumière réfléchie soit quasiment parallèle au banc d'optique; profiter de la possibilité de déplacement vertical par rapport à l'axe optique avec la vis moletée **(4)** et s'assurer que la lumière réfléchie incide encore le plus au milieu possible à travers la lentille **(2)**.
- Ajuster la lentille **(2)** (si besoin est, déplacer les cavaliers en conséquence sur le banc d'optique) jusqu'à ce que les deux sources lumineuses virtuelles soient projetées avec une grande nettetée sur l'écran translucide.

La lumière laser qui passe par le miroir de Fresnel génère un troisième spot lumineux sur l'écran, à gauche des deux images projetées. Cela n'a aucune influence sur l'expérience.

- A l'aide de la vis moletée **(3),** régler l'écartement *A* des deux images projetées à environ 5 mm, l'écran étant env. 2 m plus loin.

Réalisation

a) Interférence des deux sources lumineuses virtuelles:

- Enlever la lentille **(2)** du cavalier pour banc d'optique.
- A l'aide de la vis moletée **(3)**, régler une figure d'interférence contrastée; si besoin est, tenir une feuille de papier blanc devant l'écran.

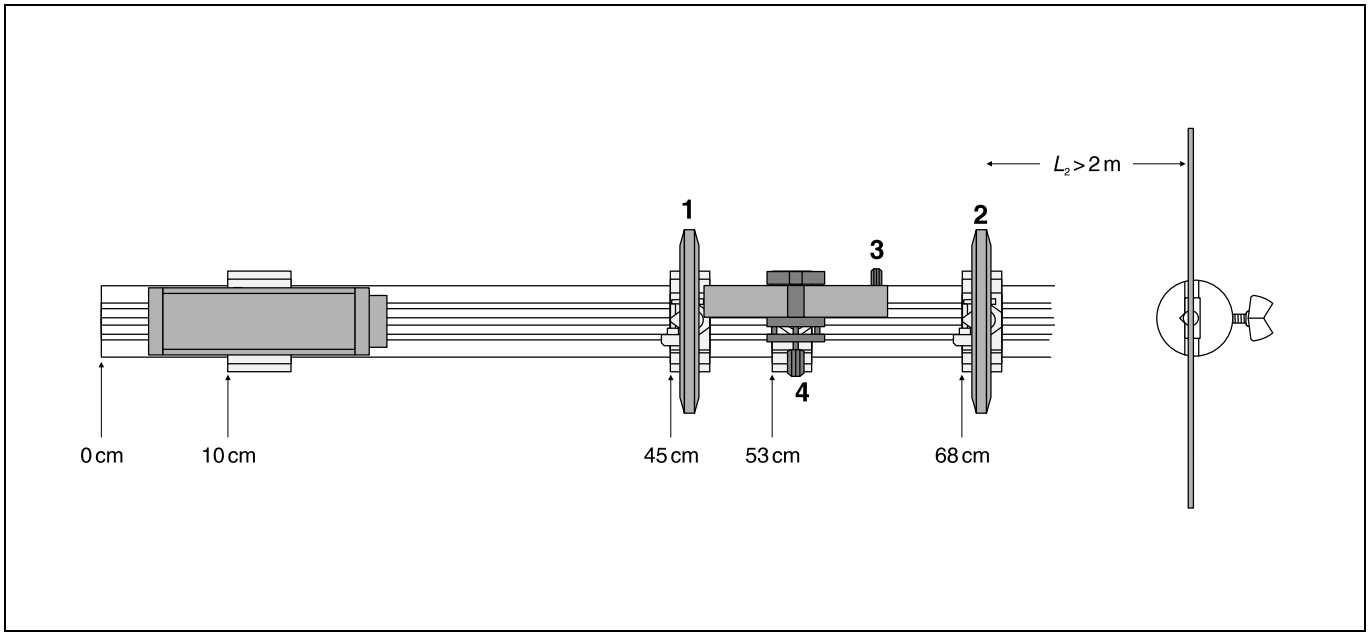
Si par diffraction sur le bord extérieur avant du miroir de Fresnel, il venait à se former une figure d'interférence supplémentaire gênante:

- Déplacer le miroir de Fresnel **(4)** jusqu'à ce ce que le rayon laser divergent n'incide pas sur l'arête extérieure.
- A l'aide du pied à coulisse, mesurer et noter l'écartement *d* des franges.

b) Projection des sources lumineuses virtuelles:

- Monter la lentille **(2)** et procéder éventuellement à un ajustage pour obtenir une projection nette des sources lumineuses ponctuelles, virtuelles; à l'aide du pied à coulisse, en mesurer l'écartement A et le noter.
- Relever la distance L_0 entre la lentille **(2)** et la lentille **(1)** sur l'échelle du banc d'optique et la noter.
- A l'aide du mètre-ruban, mesurer la distance L_2 entre l'image projetée et la lentille **(2)** et la noter.
- Si besoin est, à nouveau enlever la lentille, régler une nouvelle figure d'interférence et recommencer les mesures.

Fig. 2: Montage expérimental sur le banc d'optique avec indication du positionnement du bord gauche des cavaliers.



Exemple de mesure

d = 3,9 mm
A = 4,3 mm
L_0 = 22,7 cm
L_2 = 230,5 cm

Exploitation

La source lumineuse ponctuelle est dans le foyer de la lentille à distance focale de 5 mm, donc $L_1 = L_0 - 5$ mm. Pour la distance L entre les sources lumineuses et la paroi de projection, on a $L = L_1 + L_2$. Avec (I) et (II), on calcule d'abord a = 0,41 mm et à partir de cette valeur, on a pour la longueur d'onde de la lumière laser utilisée λ = 640 mm, une valeur qui correspond plutôt bien à la valeur théorique λ_{HeNe} = 632,8 nm.

Résultat

La figure d'interférence générée par un miroir de Fresnel s'explique par l'interférence de deux faisceaux lumineux.

C'est par réflexion d'une source lumineuse ponctuelle sur un miroir de Fresnel qu'il se forme deux sources lumineuses virtuelles qui interfèrent entre elles du fait de leur cohérence.

LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · Telex 17 223 332 LHPCGN D
© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved